JIS Z 4333 (2006) (Japanese): Portable photon ambient dose equivalent ratemeters for radiation protection

JIS

X 線及びγ線用線量当量率サーベイメータ

JIS Z 4333 : 2006

(JEMIMA/JSA)

(2010 確認)

平成 18 年 3 月 25 日 改正

日本工業標準調査会 審議

(日本規格協会 発行)

日本工業標準調査会標準部会 計測計量技術専門委員会 構成表

	氏名	所属
(委員会長)	梶 村 皓 二	財団法人機械振興協会
(委員)	石 川 洋 一	社団法人日本電気計測器工業会
	石 崎 法 夫	独立行政法人製品評価技術基盤機構
	市 原 裕	株式会社ニコン
	伊 藤 尚 美	社団法人日本計量機器工業連合会
	大 園 成 夫	東京電機大学
	岡 路 正 博	独立行政法人産業技術総合研究所
	河 野 嗣 男	東京都立科学技術大学名誉教授
	桜 井 康 好	環境省
	高 辻 乗 雄	日本精密測定機器工業会

主 務 大 臣：経済産業大臣　　制定：平成 2.1.1　　改正：平成 18.3.25
官 報 公 示：平成 18.3.27
原 案 作 成 者：社団法人日本電気計測器工業会
（〒105-0001　東京都港区虎ノ門 1-9-10　計測会館　TEL 03-3502-0603）
財団法人日本規格協会
（〒107-8440　東京都港区赤坂 4-1-24　TEL 03-5770-1571）
審 議 部 会：日本工業標準調査会　標準部会（部会長　二瓶　好正）
審議専門委員会：計測計量技術専門委員会（委員会長　梶村　皓二）

この規格についての意見又は質問は，上記原案作成者又は経済産業省産業技術環境局 基準認証ユニット産業基盤標準化推進室（〒100-8901　東京都千代田区霞が関 1-3-1）にご連絡ください。

なお，日本工業規格は，工業標準化法第 15 条の規定によって，少なくとも 5 年を経過する日までに日本工業標準調査会の審議に付され，速やかに，確認，改正又は廃止されます。

まえがき

この規格は，工業標準化法第 14 条によって準用する第 12 条第 1 項の規定に基づき，社団法人日本電気計測器工業会(JEMIMA)／財団法人日本規格協会(JSA)から，工業標準原案を具して日本工業規格を改正すべきとの申出があり，日本工業標準調査会の審議を経て，経済産業大臣が改正した日本工業規格である。

これによって，**JIS Z 4333** : 1990 及び **JIS Z 4333** : 2001（追補）は改正され，この規格に置き換えられる。

改正に当たっては，日本工業規格と国際規格との対比，国際規格に一致した日本工業規格の作成及び日本工業規格を基礎にした国際規格原案の提案を容易にするために，**IEC 60846** : 1989，Beta, X and gamma radiation dose equivalent and dose equivalent rate meters for use in radiation protection を基礎として用いた。

この規格の一部が，技術的性質をもつ特許権，出願公開後の特許出願，実用新案権，又は出願公開後の実用新案登録出願に抵触する可能性があることに注意を喚起する。経済産業大臣及び日本工業標準調査会は，このような技術的性質をもつ特許権，出願公開後の特許出願，実用新案権，又は出願公開後の実用新案登録出願にかかわる確認について，責任をもたない。

JIS Z 4333 には，次に示す附属書がある。

附属書 1（**規定**） 1 cm 線量当量換算係数

附属書 2（**参考**） **JIS** と対応する国際規格との対比表

目　次

日本工業規格　　　　　　　　JIS Z 4333 : 2006

X線及びγ線用線量当量率サーベイメータ

Portable photon ambient dose equivalent rate meters for use in radiation protection

序文　この規格は，1989年に第1版として発行された **IEC 60846**, Beta, X and gamma radiation dose equivalent and dose equivalent rate meters for use in radiation protection を翻訳し，技術的内容を変更して作成した日本工業規格である。

なお，この規格で点線の下線を施してある箇所は，原国際規格を変更している事項である。変更の一覧表をその説明を付けて，**附属書2**（**参考**）に示す。

1.　適用範囲　この規格は，X線及びγ線の1 cm線量当量率を測定する放射線サーベイメータ（以下，サーベイメータという。）について規定する。

備考　この規格の対応国際規格を，次に示す。

なお，対応の程度を表す記号は，**ISO/IEC Guide 21** に基づき，IDT（一致している），MOD（修正している），NEQ（同等でない）とする。

IEC 60846 : 1989, Beta, X and gamma radiation dose equivalent and dose equivalent rate meters for use in radiation protection (MOD)

2.　引用規格　次に掲げる規格は，この規格に引用されることによって，この規格の規定の一部を構成する。これらの引用規格は，その最新版（追補を含む。）を適用する。

JIS Z 4001　原子力用語

JIS Z 4511　照射線量測定器，空気カーマ測定器，空気吸収線量測定器及び線量当量測定器の校正方法

JIS Z 8103　計測用語

3.　定義　この規格に用いる主な用語の定義は，**JIS Z 4001**，**JIS Z 4511** 及び **JIS Z 8103** によるほか，次による。

a)　基準線量率 (conventional true value of dose equivalent rate)　国家標準にトレーサブルな基準測定器，基準放射線源等で決定された基準となる線量当量率。

b)　レスポンス(*R*) (response)　サーベイメータの指示値 H_i と基準線量率 H_t との比。

$R=H_i/H_t$ で表す。

c)　指示誤差 (error of indication)　測定点における指示値 H_i と基準線量率 H_t との差。

H_i-H_t で表す。

d)　相対指示誤差 (*I*) (relative error of indication)　指示誤差と基準線量率との比。

$I = (H_i - H_t) \times 100 / H_t$ %で表す。

e) **相対基準誤差 (relative intrinsic error)** 基準の試験条件下で，基準放射線を用いたときの相対指示誤差と基準線量率との不確かさの和。

相対指示誤差を±I，基準線量率の不確かさを U とすると相対基準誤差は± $(I+U)$ で表す。

備考 基準線量率の不確かさは，拡張不確かさで表す。拡張不確かさは，合成標準不確かさに包含係数を乗じて求める。包含係数の値は，拡張不確かさに挟まれる区間の信頼の水準を基に 2～3 が選択される。合成標準不確かさは，各不確かさの成分の標準偏差（標準不確かさ）の自乗和の平方根である。

f) **変動係数 (V) (coefficient of variation)** n 個の測定値 (x_i) の標準偏差の推定値 (s) の，平均値 ($\bar{x}$) に対する比で，次の式による。

$$V = \frac{s}{\bar{x}} = \frac{1}{\bar{x}} \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x})^2}$$

g) **サーベイメータの基準点 (reference point of an assembly)** 基準線量率が，既知の点にサーベイメータを設置するための校正の基準点。この基準点は，製造業者によってサーベイメータの外側に印などで表示される。

h) **有効測定範囲 (effective range of measurement)** サーベイメータがこの規格の性能を満たす測定範囲。

i) **1 cm 線量当量率 (1 cm dose equivalent rate)** ICRU 球を単一方向のブロードビームの X 線又はγ線で照射したとき，入射方向に沿い入射面から主軸上 1 cm の深さにおける線量当量率。

j) **ICRU 球 (ICRU sphere)** 質量分率が酸素 76.2 %，炭素 11.1 %，水素 10.1 %及び窒素 2.6 %の元素組成をもつ，密度 1 g/cm^3 で直径 30 cm の球。

k) **指示値 (indication)** サーベイメータが指示した，1 cm 線量当量率の値。

l) **デカード (decade)** 対数目盛又はこれに準じる目盛（以下，対数目盛という。）の目盛範囲を表す単位。例えば，二つの目盛値の比の常用対数が A であるとき，この 2 目盛間の目盛範囲を A デカードという。

m) **実効エネルギー (effective energy)** 複数のエネルギー又は連続したエネルギースペクトルをもつ光子の集まりに対し，これと同一の第一半価層をもつ単一エネルギー光子のエネルギー。ここに，半価層とは，ナロービームの条件で測定し，照射線量率を半減するのに要するろ過板の厚さをいう。

4. 性能 性能は，次による。ただし，サーベイメータの種類によっては，基本的にここに示す性能要件をすべて満足するとは限らないので，製造業者と使用者とが合意する性能でもよいが，性能確認のための試験方法はこの規定に従わなければならない。

4.1 相対基準誤差 **6.2.2** の方法で試験したとき，相対基準誤差の許容範囲は，有効測定範囲において，± $(15+U)$ %とする。

備考 基準線量率の不確かさを U とする。

4.2 エネルギー特性 レスポンスのエネルギー依存性で表し，**6.2.3** によって試験したとき ^{137}Cs のγ線のレスポンスに対する比が，**表 1** に適合しなければならない。

表 1　エネルギー依存性の許容範囲

種類([1])	エネルギー範囲	レスポンスの比の許容範囲
EⅠ型	10～30 keV	製造業者にて指定
	30 keV～0.2 MeV	0.65～1.35
	0.2～1.5 MeV	0.85～1.15
	(1.5～10 MeV) ([2])	(0.65～1.35) ([2])
EⅡ型	60 keV～1.5 MeV	0.50～2.50
EⅢ型	60 keV～1.5 MeV	0.85～1.15
EⅣ型	60 keV～1.5 MeV	0.20～5.00
EⅤ型	60 keV～1.5 MeV	0.70～1.30
	(60 keV～6.5 MeV) ([2])	(0.5～1.3) ([2])

注([1])　**表 1** のEⅠ型～EⅤ型は，検出器の種類に応じて次のものが考えられる。
　　EⅠ型：電離箱式相当
　　EⅡ型：GM 計数管式相当
　　EⅢ型：シンチレーション式（エネルギー補償式）相当
　　EⅣ型：シンチレーション式（エネルギー無補償式）相当
　　EⅤ型：半導体式相当
([2])　括弧内の数値は，^{16}N のγ線を用いて，6.5 MeV までのエネルギー範囲についてレスポンスの比を求めたときの許容範囲として望ましい値であるが，これは参考であって，規定の一部ではない。

4.3　方向特性　指示値の検出部に対する放射線の照射方向特性で表し，**6.2.4** によって試験したとき，方向特性の許容範囲は±90°の角度範囲に対して±25 %とする。

なお，±90°～±180°の角度範囲における ^{137}Cs のγ線に対する方向特性及び実効エネルギー80 keV 近辺の X 線又は ^{241}Am のγ線に対する方向特性は参考とし，許容差を規定しない。

4.4　指示値変動　**6.2.5** によって試験したとき，変動係数は 0.15 以下でなければならない。

4.5　応答時間　**6.2.6** によって試験したとき，応答時間は 10 秒以下とする。ただし 10 mSv/h を超える線量率においては，2 秒以下とする。

4.6　ドリフト　**6.2.7** によって試験したとき，指示値の変化がアナログ方式の場合には±2 %，ディジタル式の場合には 2 ディジット以下とする。

4.7　オーバロード特性　**6.2.8** によって試験したとき，アナログ方式の場合には，指針の位置が高線量率側の目盛範囲外を指示していなければならない。ディジタル方式の場合には，表示ランプ点滅などによってオーバスケールを表示していなければならない。

4.8　温度特性　指示値の温度依存性で表し，**6.2.9** によって試験したとき，**表 2** に適合しなければならない。

なお，種類については製造業者が附属の取扱説明書に明示する。

表 2　温度依存性の許容範囲

種類	温度範囲 (℃)	許容範囲 (%)
室内用	10～35	±10
室外用	−10～40	±20
特殊室外用([3])	−25～50	±50

注([3])　特殊室外用は，極高温又は極低温で使用されるサーベイメータだけに適用する。

4.9　耐湿性　**6.2.10** によって試験したとき，指示値の変化が±10 %以下とする。

4.10　電源電圧の変動に対する安定性　**6.2.11** によって試験したとき，指示値の変化が±10 %以下とする。

4.11　耐衝撃性　耐衝撃性は，次による。

1)　**S I 型**　**6.2.12 a)** によって試験したとき，**4.1** を満足しなければならない。

2)　**SII型**　**6.2.12 b)** によって試験したとき，**4.1** を満足しなければならない。

5.　構造

5.1　構造一般　構造一般は，次による。

a)　検出器，指示計器及び電源が一体に構成されるか，又はケーブルで接続され，操作及び持運びに便利で，かつ，置いたときに安定性のよい堅ろうな構造とする。

b)　1 cm 線量当量率（単位：mSv/h など）が直接指示できるものとする。

c)　振動，衝撃，電磁環境などの影響を受けにくいこと。

d)　必要に応じて，記録計用出力端子，警報信号出力回路などを備えてもよい。

e)　検出部にβ線入射用の窓を設け，β線の粒子束密度などが測定できる構造にしてもよい。

f)　1 cm 線量当量の積算値が測定できる回路を付加してもよい。

5.2　指示計器　指示計器は，直線目盛若しくは対数目盛又はディジタル表示とする。

5.3　電源　電源は，次による。

a)　電源は，電池式とし，交流電源（定格電圧：100 V，周波数：50 Hz 又は 60 Hz）を併用する方式でもよい。

b)　電源用電池の消耗度が容易にチェックできる機能をもつこと。

c)　一次電池は，正しい極性で接続されるようにサーベイメータに明示しなければならない。

6.　試験

6.1　試験条件

6.1.1　共通試験条件　**6.2** の各試験方法において，基準条件は，**表 3** の第 2 欄による。特に指定のある場合を除きこの規格における試験は，**表 3** の第 3 欄に示す標準条件で行う。標準条件で行えない場合は，温度，気圧及び湿度を指定し，基準条件のレスポンスに補正しなければならない。

表 3　共通試験条件

項目	基準条件 （製造業者の指定がないとき）	標準試験条件 （製造業者の指定がないとき）
基準γ線	^{137}Cs	^{137}Cs
予熱時間 min	15	15
環境温度 ℃	20	18〜22 (5)
相対湿度 %	65	50〜75 (5)
気圧 kPa	101.3	86〜106 (5)
電源電圧 (4)	正規電源電圧	正規電源電圧±1 %
電源周波数 (4)	正規電源周波数	正規電源周波数±1 %
電源波形 (4)	正弦波	正弦波からのひずみ 5 %以内
γ線バックグラウンドμSu/h	1 cm 線量当量率 0.1 以下	1 cm 線量当量率 0.25 以下
放射線入射角度	製造業者によって指定された校正方向	±5° 以内
外部電磁波	無視できるレベル	影響の認められるレベル以下
外部磁気誘導	無視できるレベル	地球磁界の 2 倍以下
サーベイメータを置く方向	製造業者が指定	±5° 以内
放射性物質による汚染	無視できるレベル	無視できるレベル

注(4)　商用電源を使用する場合に適用する。
(5)　試験時点での実際の値を明示する。これらの値は，温暖な気候に適用可能である。より暑い，又は寒い気候時には，試験時の実際の値を明示しなければならない。海抜の高いところでは，70 kPa まで許容される。

6.1.2　校正装置　試験には，**JIS Z 4511** に規定する照射線量標準とのトレーサビリティが明確な，次の校正装置を使用する。

a)　X 線用の校正装置は，照射線量標準とのトレーサビリティが明確な照射線量（率）測定器によって照射線量（率）が測定された X 線照射装置とする。

b)　γ線用の校正装置は，照射線量標準とのトレーサビリティが明確な照射線量（率）測定器によって照射線量（率）が測定されたγ線照射装置又は基準γ線源とする。

6.1.3　試験の種類　試験の種類は，次による。

a)　**形式試験**　所定の仕様を満足している事を示すために，設計段階で一つ又は二つ以上のサーベイメータを用いて行われる試験

b)　**製造試験**　サーベイメータが所定の性能を満足しているかを確認するために，製造工程又は製造後に個々のサーベイメータに対して行われる試験

c)　**受渡試験**　サーベイメータが所定の試験条件下で仕様を満足していることを顧客に示すための契約上の試験

備考　この規格に規定するすべての試験は，特に記載がない限り形式試験に関するものである。これらの試験の一部は製造業者と使用者の合意の上，受渡試験として用いてもよい。

6.2　試験方法

6.2.1　試験方法一般　試験方法一般は，次による。

a)　すべての試験は，15 分間の予熱時間が経過した後に実施する。

b)　試験条件のうちのある項目の条件を変化させて試験する場合には，その項目以外の条件は，**表 3** の許容幅の範囲内にあるものとする。

c)　1 cm 線量当量率は，光子エネルギー又は実効エネルギーに応じ，**附属書 1** に示す換算係数を空気カーマ率に乗じて求める。

d) 校正装置による試験を行う場合の指示値は，バックグラウンドを差し引いた値を用いるものとする。

e) ディジタル方式の場合の試験結果は，ディジタル誤差を除くものとする。

f) 試験において使用するγ線源は，試験方法に規定がない限り，^{137}Cs 線源とする。

6.2.2 相対基準誤差試験 γ線照射装置又は基準γ線源を用い，次に示す方法によって行う。

a) 形式試験

1) 直線目盛の場合には，有効測定範囲の各レンジについて最大目盛値の 20 %，50 %及び 80 %近辺の指示値について，指示値から基準線量率を差し引いた値の基準線量率に対する百分率を求める。

2) 対数目盛及びディジタル方式の場合には，有効測定範囲の各デカードの 20 %，50 %及び 80 %近辺の指示値について，指示値から基準線量率を差し引いた値の基準線量率に対する百分率を求める。

b) 製造試験

1) 直線目盛の場合には，有効測定範囲の各レンジについて，最大目盛値の 50 %～75 % の 1 ポイントの指示値について，指示値から基準線量率を差し引いた値の基準線量率に対する百分率を求める。

2) 対数目盛及びディジタル方式の場合には，有効測定範囲の各デカードの任意の指示値について，指示値から基準線量率を差し引いた値の基準線量率に対する百分率を求める。

c) 電気試験（製造試験だけに適用） 線源による照射試験が困難な場合には，等価な電気信号によって試験を行ってもよいが，有効測定範囲の最大値の 90 %付近及び最高感度レンジの一つについては，線源による試験を行わなければならない。

6.2.3 エネルギー特性試験 ^{137}Cs 及び ^{60}Co のγ線照射装置，又は基準γ線源及び X 線照射装置によって行う。

各光子エネルギー又は各実効エネルギーに対するレスポンスを求め，^{137}Cs のレスポンスを 1 としたときの各エネルギーに対するレスポンスの比を求める。

なお，^{241}Am, ^{57}Co 及び ^{133}Ba 基準γ線源で十分な指示値が得られる場合には，X 線の代わりにこれらの線源からのγ線を用いてもよい。

6.2.4 方向特性試験 製造業者が指定する放射線照射方向を 0° とし，その方向を含む水平及び垂直の 2 平面について 0° から 30° ステップで±180° まで，各方向から放射線を照射し，指示値を読み取る。ただし，検出器が円筒形で，製造業者が指定する方向が中心軸方向の場合には，中心軸を含む任意の 1 平面とする。

なお，90° 方向がケーブル側となるときには，この方向を除く。

0° 方向の値を基準値とし，各方向に対する指示値から基準値を差し引いた値の，基準値に対する百分率を求める。

なお，実効エネルギー80 keV 近辺の X 線又は ^{241}Am のγ線についても，同様の方法で方向特性試験を行う。

6.2.5 指示値変動試験 次に示す指示値に相当する 1 cm 線量当量率のγ線を照射し，統計的に独立とみなせる時間間隔（応答時間の 1.5 倍程度）で少なくとも 20 回指示値を読み取り，**3. f)** の式によって変動係数を求める。

a) 直線目盛の場合には，最高感度指示範囲の最大目盛の 30～50 %の指示値とする。

b) 対数目盛の場合には，最小デカードの 0.3～0.5 の指示値とする。

c) ディジタル式の場合には，最高感度の測定状態において，30～50 ディジットとする。

6.2.6 応答時間試験 サーベイメータに対する 1 cm 線量当量率を急に変化させ，指示値が N_i から N_f になるとき，指示値が N_i から次の式で示される値になるまでに要する時間を測定する。

$N_i + 0.9 (N_f - N_i)$

測定は，指示値を増加させる場合及び減少させる場合について行い，増加の場合には N_f/N_i が，減少の場合には N_i/N_f が 10 以上になる 1 cm 線量当量率で行う。

備考　等価な電気信号でこの試験を行う場合には，製造業者は附属の取扱説明書にその旨を示さなければならない。

6.2.7　ドリフト試験　標準試験条件下で，この試験を行う。

30 分間サーベイメータを動作させた後の指示値を基準値とする。さらに 4 時間連続動作させ 30 分ごとに指示値を記録する。

アナログ方式の場合には，基準値からの最大のずれ（正・負いずれか）の，フルスケールに対する百分率を求める。

ディジタル方式の場合には，基準値からの最大のずれ（正・負いずれか）を求める。

備考　最高感度レンジにて，有意なバックグラウンド指示値を示すサーベイメータの場合には，検出器を取り外し，等価な電気信号によって試験を行ってもよい。

6.2.8　オーバロード特性試験　アナログ方式の場合には，各指示範囲の最大目盛値の約 100 倍又は 10 倍に相当する 1 cm 線量当量率で 5 分間照射する。ディジタル方式の場合には，有効測定範囲の最大値の約 100 倍又は 10 倍に相当する 1 cm 線量当量率で 5 分間照射する。ただし，何倍の照射を与えたかを明示する。

6.2.9　温度特性試験　サーベイメータを恒温槽内に設置し，20 ℃及び**表 2** に示す温度範囲内の最低温度及び最高温度それぞれの環境下に 4 時間放置し，最後の 30 分間の指示値を記録する。20 ℃における指示値を基準とし，それぞれの周囲温度 (6) における指示値から基準値を差し引いた値の基準値に対する百分率を求める。

なお，照射する線量率は，バックグラウンド及び数え落としの影響が十分に無視できる線量率とする。

注(6)　周囲温度の許容差は，いずれも±2 ℃とする。

6.2.10　耐湿性試験　周囲温度 (7) を 35 ℃とし，相対湿度 (8) 65 %及び 95 %のそれぞれの環境下にサーベイメータを動作状態にして 1 時間以上放置し，バックグラウンド及び数え落としの影響が十分無視できる 1 cm 線量当量率の γ 線を照射して指示値を読む。65 %における指示値を基準値とし，95 %における指示値から基準値を差し引いた値の基準値に対する百分率を求める。

注(7)　周囲温度の許容差は，いずれも±2 ℃とする。

(8)　相対湿度の許容差は，いずれも±5 %とする。

6.2.11　電源電圧の変動に対する安定性試験　製造業者指定の新しい一次電池又は完全に充電した二次電池を使用し，次の試験を行う。

a)　一次電池　サーベイメータを標準試験条件で 40 時間断続稼働（8 時間連続駆動＋16 時間スイッチオフを 5 日間繰り返す。）し，各時刻のレスポンスの平均値を基準とし，それぞれの時刻におけるレスポンスから基準値を差し引いた値の基準値に対する百分率を求める。

なお，照射する線量率は，バックグラウンドが十分に無視できる線量率とする。

b)　二次電池　サーベイメータを標準試験条件で 12 時間連続稼働し，各時刻のレスポンスの平均値を基準とし，それぞれの時刻におけるレスポンスから基準値を差し引いた値の基準値に対する百分率を求める。

なお，照射する線量率は，バックグラウンドが十分に無視できる線量率とする。

6.2.12　耐衝撃性試験

a) SⅠ型の耐衝撃性試験　Sサーベイメータに 300 ms^{-2}，18 msの作用時間で調和振動を3直交方向に加えた後，**6.2.2** の相対基準誤差試験を行う。

b) SⅡ型の耐衝撃性試験　Sサーベイメータを厚さ20 mm以上のラワン材などの木製の台上に通常の保管状態に置き，一辺を台上につけたままで，他の辺を高さ50 mmになるように持ち上げた後，手を放す。この方法によって，前後左右の各辺について，各辺ごとに5回ずつ合計20回衝撃を加えた後，**6.2.2** の相対基準誤差試験を行う。

7. 表示　サーベイメータには，見やすい箇所に容易に消えない方法で，次の事項を表示しなければならない。

a) 名称

b) 形名（製造業者による。）

c) 種類

d) 製造番号

e) 製造年月又はその略号

f) 製造業者名

g) サーベイメータの基準点

8. 取扱説明書　サーベイメータには，少なくとも次の事項を記載した取扱説明書を添付しなければならない。

a) 検出器の種類及び寸法

b) 指示誤差

c) エネルギー特性

d) 方向特性

e) 応答時間又は時定数

f) 試験時の放射線照射方向

g) 使用電池の種類及び個数

h) 質量及び寸法

i) 使用上の注意事項

附属書 1（規定）1 cm 線量当量換算係数

（場所にかかわる 1 cm 線量当量）

X 線及びγ線のエネルギー ([1]) MeV	空気カーマから 1 cm 線量当量への換算係数 Sv/Gy
0.010	0.008
0.015	0.26
0.020	0.61
0.025	0.88
0.030	1.10
0.035	1.30
0.040	1.47
0.045	1.59
0.050	1.67
0.057 ([2])	1.73
0.060	1.74
0.070	1.75
0.080	1.72
0.090	1.69
0.10	1.65
0.12	1.58
0.124 ([3])	1.57
0.15	1.49
0.20	1.40
0.30	1.31
0.34 ([4])	1.29
0.40	1.26
0.50	1.23
0.60	1.21
0.66 ([5])	1.20
0.78 ([6])	1.19
0.80	1.19
1.0	1.17
1.25 ([7])	1.16
1.5	1.15
2.0	1.14
3.0	1.13
4.0	1.12
5.0	1.11
6.0	1.11
8.0	1.11
10	1.10

注([1]) X 線及びγ線のエネルギーは，単一エネルギーの場合には光子エネルギー，単一エネルギーでない場合には実効エネルギーとする。該当するエネルギーがない場合は，補間法によって求める。

([2]) 2 mmCu フィルタを用いた場合の ^{241}Am γ線の等価換算係数に対応するエネルギーである（以下，等価エネルギーという。）。

([3]) ^{57}Co γ線の等価エネルギーである。

([4]) 0.2 mmPt フィルタを用いた場合の ^{133}Ba γ線の等価エネルギーである。

([5]) ^{137}Cs γ線のエネルギーである。
([6]) 0.2 mmPt フィルタを用いた場合の ^{226}Ra γ線の等価エネルギーである。
([7]) ^{60}Co γ線の等価換算係数に対応するエネルギーである。

附属書 2（参考）JIS と対応する国際規格との対比表

JIS Z 4333：2006　X 線及びγ線用線量当量率サーベイメータ					**IEC 60846**：1989，β線，X 線及びγ線用線量当量率サーベイメータ		
(I) **JIS** の規定		(II) 国際規格番号	(III) 国際規格の規定		(IV) **JIS** と国際規格との技術的差異の項目ごとの評価及びその内容 表示箇所：本体，附属書 表示方法：点線の下線		(V) **JIS** と国際規格との技術的差異の理由及び今後の対策
項目番号	内容		項目番号	内容	項目ごとの評価	技術的差異の内容	
1.適用範囲	X 線及びγ線の 1 cm 線量当量率を測定する放射線サーベイメータについて規定。	**IEC 60846**	1	β，X 及びγ線からの周囲の線量当量及び方向性をもつ線量当量を測定する機器に適用。	MOD/削除	**JIS** は，β線及び方向性をもつ線量当量を測定する機器を含まない。	β線用サーベイメータについては，別に定める。方向性をもつ線量当量測定器は，該当機器が日本にないため規定しない。
2.引用規格	**JIS Z 4001**，**JIS Z 4511**，**JIS Z 8103**		－	引用規格なし	MOD/追加		**JIS** に必要な用語を引用するため追加
3.定義	用語の定義は，**JIS Z 4001**，**JIS Z 4511**，**JIS Z 8103** によるほか，これらに記載されない用語を規定。		3	**JIS** とほぼ同じ。	MOD/追加		**JIS** に必要な用語を追加。
4.性能			12				
	4.1 相対基準誤差		12.1	**JIS** と同じ。	IDT		
	4.2 エネルギー特性		12.3	10 keV から 10 MeV までの範囲で規定	MOD/追加	**JIS** は，エネルギー特性を検出器の種類に応じて 5 種類に分類。	検出器の種類によりエネルギー特性が異なるため。

(Ⅰ) **JIS** の規定		(Ⅱ) 国際規格番号	(Ⅲ) 国際規格の規定		(Ⅳ) **JIS** と国際規格との技術的差異の項目ごとの評価及びその内容 表示箇所：本体，附属書 表示方法：点線の下線		(Ⅴ) **JIS** と国際規格との技術的差異の理由及び今後の対策
項目番号	内容		項目番号	内容	項目ごとの評価	技術的差異の内容	
4.性能			12				
	4.3 方向特性		12.5	**JIS** と同じ	MOD/変更		**IEC** 規格の表 1 に規定される線源 (^{137}Cs) による。^{241}Am は参考試験として記載
	4.4 指示値変動		13.1	**JIS** と同じ	IDT		
	4.5 応答時間		13.2	**JIS** と同じ	IDT		
	4.6 ドリフト		13.4	**JIS** と同じ	IDT		
	4.7 オーバロード特性		12.6	**JIS** と同じ	IDT		
	4.8 温度特性		15.1	**JIS** と同じ	IDT		
	4.9 耐湿性		15.2	**JIS** と同じ	IDT		
	4.10 電源電圧の変動に対する安定性		13.7	**JIS** と同じ	IDT		
	4.11 耐衝撃性		14.1	振動に対する耐性試験について記載	MOD/追加	落下に対する耐性試験を追加	今までの耐衝撃試験方法は簡易的に実施可能なため試験を追加した。
5.構造							
	5.1 構造一般		－	－	MOD/追加		**JIS** としての構造に関する規定が必要。
	5.2 指示計器				MOD/追加		
	5.3 電源				MOD/追加		
6.試験							
6.1 試験条件							
	6.1.1 共通試験条件		9.2	**JIS** と同じ	IDT		
	6.1.2 校正装置		9.6	**JIS** とほぼ同じ。	MOD/追加	**JIS Z 4511** に規定する照射線量標準とのトレーサビリティが明確であることを明記。	**JIS** としての校正装置に関する規定が必要。
	6.1.3 試験の種類		3.4	**JIS** と同じ	IDT		

(I) JIS の規定		(II) 国際規格番号	(III) 国際規格の規定		(IV) JIS と国際規格との技術的差異の項目ごとの評価及びその内容 表示箇所：本体，附属書 表示方法：点線の下線		(V) JIS と国際規格との技術的差異の理由及び今後の対策
項目番号	内容		項目番号	内容	項目ごとの評価	技術的差異の内容	
6.2 試験方法							
	6.2.1　試験方法一般		9	**JIS** と同じ	IDT		
	6.2.2　相対基準誤差試験		12.1.2	形式試験で下記を除き **JIS** と同じ ・直線目盛の場合，最大目盛値の 30, 60, 90 %近辺の指示値を指定 ・対数目盛及びディジタル方式の場合，有効測定範囲の各デカードの 20, 40, 80 %近辺の指示値を指定	MOD/変更	試験における測定値の変更	指示誤差規格が±(15＋U)とすると 90 %では測定できない場合があるため変更した。
	6.2.3　エネルギー特性試験		12.3.2	**ISO 4037** 標準線源にて，10～60 keV, 60～300 keV, 300 keV～1.5 MeV の範囲で 2 ポイント以上，4～9 MeV の範囲で 1 ポイント以上のエネルギーで測定する。	MOD/変更	**ISO** 規格の標準場を削除。	国内の標準場及び基準場で十分である。
	6.2.4　方向特性試験		12.5.2	**JIS** と同じ	IDT		
	6.2.5　指示値変動試験		13.1.2	**JIS** と同じ	IDT		
	6.2.6　応答時間試験		13.2.2	**JIS** と同じ	IDT		
	6.2.7　ドリフト試験		13.4.2	**JIS** と同じ	IDT		
	6.2.8　オーバロード特性試験		12.6	・0.1 μSv/h までの最大レンジのものは最大レンジの 100 倍の照射 ・0.1 μSv/h 以上の最大レンジをもつものは，10 倍又は 10 Sv/h の照射	MOD/追加	0.1 μSv/h までの最大レンジのものについて，100 倍を“100 倍又は 10 倍”とした。	100 倍の線量率は国内では現状で困難。
	6.2.9　温度特性試験		15.1.2	**JIS** と同じ	IDT		
	6.2.10　耐湿性試験		15.2.2	**JIS** と同じ	IDT		
	6.2.11　電源電圧の変動に対する安定性試験		13.7.4	**JIS** と同じ	IDT		
	6.2.12　耐衝撃性試験		14.1	加速度 300 ms^{-2} の機械的振動を 18 msec 間隔で与える。	MOD/追加	**JIS** は，高感度形のサーベイメータ用の耐衝撃性試験方法を追加。	**IEC** 規格は，電離箱式に特化した規格となっているため。

(Ⅰ) JIS の規定		(Ⅱ) 国際規格番号	(Ⅲ) 国際規格の規定		(Ⅳ) JIS と国際規格との技術的差異の項目ごとの評価及びその内容 表示箇所：本体，附属書 表示方法：点線の下線		(Ⅴ) JIS と国際規格との技術的差異の理由及び今後の対策
項目番号	内容		項目番号	内容	項目ごとの評価	技術的差異の内容	
7.表示	見やすい箇所に容易に消えない方法で記載する事項を規定。		−	−	MOD/追加		表示は必要なため。
8.取扱説明書	取扱説明書に記載すべき事項を規定。		17	JIS と同じ	IDT		
附属書 1 (規定)	1 cm 線量当量換算係数について規定。		−	−	MOD/追加		1 cm 線量当量換算係数が必要なため。

JIS と国際規格との対応の程度の全体評価：MOD

備考1. 項目ごとの評価欄の記号の意味は，次のとおりである。

— IDT……………… 技術的差異がない。

— MOD/削除……… 国際規格の規定項目又は規定内容を削除している。

— MOD/追加……… 国際規格にない規定項目又は規定内容を追加している。

— MOD/変更……… 国際規格の規定内容を変更している。

2. JIS と国際規格との対応の程度の全体評価欄の記号の意味は，次のとおりである。

— MOD…………… 国際規格を修正している。

JIS Z 4333 : 2006

X 線及びγ線用線量当量率サーベイメータ
解　説

この解説は，本体及び附属書に規定・記載した事柄，並びにこれらに関連した事柄を説明するもので，規格の一部ではない。

この解説は，財団法人日本規格協会が編集・発行するものであり，この解説に関する問合せは，財団法人日本規格協会へお願いします。

1. 規格改定の経緯　放射線作業における体外被ばくモニタリング用の放射線サーベイメータは放射線防護上重要な機器の一つであり，多数使用されている。

X 線及びγ線の照射線量率を測定対象とする放射線サーベイメータの **JIS** としては，従来，電離箱式，ガイガー・ミュラー計数管式及びシンチレーション式の三つに分かれていた **JIS** を統一して 1984 年に制定した **JIS Z 4328**“X 線及びγ線用サーベイメータ”があった（この規格は，1995 年 1 月 1 日に廃止された。）。一方，1988 年 5 月に，放射性同位元素などによる放射線障害の防止に関する法令の改正が行われ，1989 年 4 月から施行された。この改正法令では，作業環境の放射線場の実効線量当量として 1 cm 線量当量が採用されたので，これに対応する放射線サーベイメータの **JIS** の制定が必要となり，旧規格 (**JIS Z 4333** : 1990) は，上記の状況を踏まえ，**JIS Z 4328** を参考とするとともに，最近，放射線管理用計測器に多く使用されるようになってきた半導体検出器を用いたサーベイメータも規格の対象とするなど，技術の進歩にも配慮して作成したものである。

さらに，2001 年 4 月の **ICRP** 90 年勧告 (Pub.60)“**ICRP** : 国際放射線防護委員会という”を取り入れた放射線障害の防止に関する法令改正の施行に伴い，この規格についても 2001 年に 1 cm 線量当量換算係数表の変更を中心とした“**追補-1**”の刊行によって **JIS Z 4333** : 1990 が補完された形となっていた。

今回の改正は，旧規格の“**追補-1**”を本体に組み入れて完成させる作業と，対応国際規格である **IEC 60846** : 1989 との整合を図るという観点から見直し作業を実施した。

2. 審議中問題となった主な点

a) **IEC 60846** : 1989 は，周辺線量当量：$H^*(d)$ だけではなく，低エネルギーX 線及びβ線を対象とした方向性線量当量：$H'(d)$ 測定用の装置も適用範囲として規格化されており，国内 **JIS** においても取り入れるべきかの審議を行ったが，現在国内では該当するサーベイメータが市販されていないことから，今回の改定では，方向性線量当量に関する規定は盛り込まないこととした。

b) “エネルギー特性”，“オーバロード特性”及び“耐衝撃性”について **IEC** 規格との整合の点で，現在国内で使用されているサーベイメータでは適用困難な点があるので，**IEC** 規格の規定に国内独自の規定をクラス分けして追加規定することによって整合を図った。詳細については，この解説の **3.** 規定項目の内容に示す。

c) ^{16}N 線源を用いて 6.5 MeV までのエネルギー範囲についてレスポンスのエネルギー依存性を求めるよう規定することを検討したが，^{16}N γ線のエネルギー (6.13 MeV) における校正のトレーサビリティを

確保することが困難なため，EⅠ型とEV型について，6.5 MeV までのエネルギー範囲についてのレスポンスの比の許容範囲を，参考値とした。

3.　規定項目の内容

3.1　適用範囲（本体の **1.**）　**ICRU**“国際放射線単位測定委員会”は，環境の放射線場の線量を実効線量当量に結び付ける量として周辺線量当量（平行入射面ビームに対して，ICRU 球の表面からある深さの点における線量当量）を導入し，透過性の強い光子に対する環境モニタリングについては深さとして 10 mm，すなわち 1 cm 線量当量を推奨している。我が国の関係法令においてもこの量が採用されているので，適用範囲にこのことを明記した。

適用エネルギーについては，サーベイメータの種類によって異なるので，適用範囲に記述せず，本体中のエネルギー特性の項においてエネルギー依存性の許容範囲として規定した。

3.2　定義（本体の **3.**）　用語の定義については，**IEC** 規格に準じて“基準線量率”，“指示誤差”，“相対指示誤差”，“相対基準誤差”，“サーベイメータの基準点”及び“有効測定範囲”の定義を追記した。

この定義の中で，“相対基準誤差”及び“実効エネルギー”について次に解説する。

3.2.1　相対基準誤差［本体の **3.e)**］　相対基準誤差は，基準の試験条件下で基準放射線を用いたときの相対指示誤差と基準線量率との不確かさの和で表すが，この基準線量率の不確かさは，次のように求めることができる。

国際度量衡委員会 (CIPM) の提案で，国際度量衡局 (BIPM)，国際電気標準会議 (**IEC**) など，7 国際機関の共同編集による国際文書 (Guide to the expression of uncertainty in measurement) が 1993 年に **ISO** から発行され，GUM と略称されている。この GUM に基づいて測定の不確かさを表現することが，JCSS から要請されている。

GUM では，繰返しの観測値から求めた標準偏差を A タイプの標準不確かさ (standard uncertainty)，これ以外の方法で評価した標準偏差を B タイプの標準不確かさとよんでいる。

n 個のお互いに独立した入力量 X_i がある場合，入力推定量 x_i の標準不確かさ $u(x_i)$ を A タイプ，B タイプの区別なく，次の式で合成標準不確かさ (combined standard uncertainty) $u_c(y)$ を求める。

$$u_c(y)=\left\{\sum\left[\delta_f/\delta_{x_i}\right]^2 u^2(x_i)\right\}^{1/2}$$

$u_c(y)$ は測定量 Y の測定結果を y とすると，y の標準不確かさであり，δ_f/δ_{x_i} は感度係数である。

校正の不確かさは，拡張不確かさ (expanded uncertainty) U で表し，合成標準不確かさに包含係数 (coverage factor) k を乗じ次の式で求める。

$$U=k\ u_c(y)$$

測定の結果は，$Y=y\pm U$ と表される。k の値は，$y-U$ 及び $y+U$ によって挟まれる区間に要求される信頼の水準 (level of confidence) を基に選択される。

信頼の水準 p に対応する包含係数 k は，スチューデント分布 (Student's distribution) の $t_p(\nu)$ から

$$k=t_p(\nu_{eff})$$

として求める。ν_{eff} は有効自由度 (effective degrees of freedom) であり，各成分 i の自由度を $\nu_i=(n_i-1)$ とおくと，次の式から計算で求められる。

$$\nu_{eff}=u_C{}^4(y)/\sum\left(u_C{}^4(y)/\nu_i\right)$$

例えば，有効自由度が 19 で，信頼の水準が 95 %の場合，k＝2.09 となる。

B タイプの標準不確かさ $u(x_i)$は，x_1 の確率分布が a_- と a_+ との間で一様分布であり，この区間外では 0 と推定できる場合は，$u(x_i)=\{[(a_+-a_-)/2]^2/3\}^{1/2}$ となる。

この $u(x_i)$ の推定される相対不確かさ $[\Delta u(x_1)/u(x_1)]$ を用いて，自由度 ν_i が，次の式で求められる。

$$\nu_i \fallingdotseq (1/2)[\Delta u(x_i)/u(x_i)]^{-2}$$

例えば，$u(x_i)$ が約 25 %の範囲で信頼できると判断されれば，相対不確かさが 0.25 であるので上の式から $\nu_i=(0.25)^{-2}/2=8$ となる。もし，$u(x_i)$ の値が 50 %の信頼度しかないものと判断されれば，$\nu_i=2$ となる。

なお，A タイプの標準不確かさ $u(x_i)$ の観測数を n とおくと，$u(x_i)$ の相対不確かさは近似的に $[2(n-1)]^{-1/2}$ で表される。例えば，n＝10 の場合の相対不確かさは約 24 %，n＝3 の場合の相対不確かさは約 50 %となる。

γ線照射装置による基準線量率の不確かさの算出例　基準線量率計でγ線照射場の値付けをしたときの，基準線量率の不確かさの成分として，次の 6 種類の標準不確かさ u_i を考慮する。

①　校正定数：u_1，②　指示値：u_2，③　バックグラウンド補正：u_3，④　温度補正：u_4，
⑤　気圧補正：u_5，⑥　線量率計の距離設定：u_6

基準線量率値付けの拡張不確かさ U は，次の式で求める。

$$U=k\left(u_1^2+u_2^2+u_3^2+u_4^2+u_5^2+u_6^2\right)^{1/2}$$

ここで，指示値の標準不確かさ u_2 だけが A タイプで求められ，他の成分の標準不確かさはすべて B タイプとして求める。

① 例えば，基準線量率計の校正定数の拡張不確かさが 5 %で k=2 であれば，標準不確かさ u_1＝2.5 %となる。このとき信頼の水準が 95 %であれば自由度 ν_1=50 に相当することになる。

② 指示値の実験標準偏差が 1 %で，測定回数 n＝5 であれば，u_2＝1 %，自由度 ν_2=4 である。

③ バックグラウンド補正の変動幅が指示値の 2 %で一様分布が想定できれば，標準不確かさは，$u_3=[(2/2)^2/3]^{1/2}$＝0.58 %，この u_3 の値の相対不確かさが 25 %程度と推定されると，自由度 ν_3=8 となる。

④ 基準線量率計の電離箱が自由空気型であり，室温が 22±2 ℃の範囲であり一様分布が想定できれば，$u_4=[(2*100/295)^2/3]^{1/2}$＝0.39 %，$u_3$ と同様の相対不確かさが推定できると自由度 ν_4=8 となる。

⑤ 値付けの間の気圧が 101±0.5 kPa であれば，気圧補正の標準不確かさ u_5 は，$u_5=[(0.5*100/101)^2/3]^{1/2}$＝0.29 %，$u_5$ の相対不確かさが 40 %程度と推定されると自由度 ν_5=3 程度となる。

⑥ 校正距離 1 m における線量率計設置の範囲が 1 000±5 mm であれば，線量率は距離の逆二乗で変化するので感度係数 2 を用いて標準不確かさ u_6 は，$u_3=[(2*5*100/1\,000)^2/3]^{1/2}$＝0.58 %，$u_6$ の相対不確かさが 15 %程度と推定されると自由度 ν_6=22 程度となる。

この場合の合成標準不確かさ u_c は，

$$u_c=(2.5^2+1^2+0.58^2+0.39^2+0.29^2+0.58^2)^{1/2}=2.87\ \%$$

有効自由度 ν_{eff} は，

$$\nu_{eff}=2.87^4/(2.5^4/50+1^4/4+0.58^4/8+0.39^4/8+0.29^4/3+0.58^4/22)$$
$$=67.85/1.056=64.3$$

有効自由度 64 に対応する信頼の水準 95 %の包含係数は，k＝2.0 である。

したがって，信頼の水準 95 %の区間を定める拡張不確かさ U は，

U＝2.0＊2.87＝5.8 %となる。

3.2.2　実効エネルギー［本体の **3.m)**］　1 cm 線量当量率は，換算係数を用いて自由空間中の照射線量率から導出が可能な物理量である。この規格 (**JIS Z 4333**) の審議の過程においては，X 線及びγ線用線量当量率サーベイメータの校正を，現行のトレーサビリティ体系の照射線量基準によることを基本とし，単色光子に対する換算係数の定式化並びに連続 X 線及び離散スペクトルのγ線の取扱いに関する問題が検討された。

照射線量測定器及び照射線量率測定器の校正方法に関しては，**JIS Z 4511**（照射線量測定器及び照射線量率測定器の校正方法）が 1975 年に制定され，その後 1987 年，1991 年及び 1999 年に改正された。国内においては，同規格によって各校正機関，原子力及び放射線事業所を通じて，国家標準から実用測定に至るトレーサビリティ体系の確立が図られている。国家標準とのトレーサビリティ体系の上では，基準測定器並びに X 線照射装置及びγ線照射装置などの校正装置によって，順次そのレベルに応じた所定の精度で照射線量基準が設定され，下位の基準測定器及び実用測定器の感度について所定の校正の精度が確保される。

1 cm 線量当量率サーベイメータの校正は，現行トレーサビリティ体系における実用校正に位置付けできる。当該規定は，基準測定器及び X 線照射装置，γ線照射装置などの校正装置が具備すべき性能規定を **JIS Z 4511** に準拠することによって，1 cm 線量当量率サーベイメータの校正における定量的根拠となる照射線量基準の精度を確保することを定めたものである。

1 cm 線量当量率サーベイメータの校正では，1 cm 線量当量率を求めて手続において換算係数が必要であり，X 線照射装置及びγ線照射装置などの校正装置によって得られる X 線，γ線に関しては，あらかじめ線質が確定されていることが基本的な要件となる。

X 線の場合，一般にタングステンターゲットの X 線管を用い，脈動率が 10 %以内の定電圧方式の X 線照射装置を使用する。X 線照射装置で得られる連続スペクトルの X 線の線質表示には，管電圧（最高の光子エネルギー)，半価層及び均等度，半価層に等価な実効エネルギー又は光子の平均エネルギー並びに線質指標のうちから幾つかを組み合わせて用いる。

国内においては主に管電圧，実効エネルギー並びに線質指標が用いられる。

γ線の場合，^{60}Co, ^{226}Ra, ^{137}Cs, ^{133}Ba, ^{57}Co, ^{241}Am などの核種のγ線照射装置を使用する。これらの核種のうち ^{137}Cs 以外の核種は，離散スペクトルの X，γ線を放出する RI 線源である。**JIS Z 4511** では，300 keV 以上のエネルギーの特性試験において ^{60}Co 及び ^{137}Cs のγ線を用いることが規定されているが，γ線の線質に関しては具体的規定がない。一般には，平均エネルギー（単一γ線の場合は光子エネルギー)，実効エネルギー又は放出率の高い光子エネルギーが用いられるなど，γ線の線質に関しては不統一である。現行のトレーサビリティ体系は，連続スペクトルの X 線及び離散スペクトルのγ線の照射線量基準を基本に構成されているが，線量当量率サーベイメータの校正の観点からは，線質に関して極めて不備である。

このような現行のトレーサビリティ体系によって，線量当量率サーベイメータの性能を規定することの是非は，この規格の審議開始当初における基本的な関心事の一つであった。これは，連続スペクトルの X 線及び離散スペクトルのγ線の換算係数の定義に関する問題と，実効エネルギー及び平均エネルギーの適用によって生じる系統誤差が，校正の精度に及ぼす影響の度合いに関する問題としてとらえることができる。

連続スペクトルの校正用 X 線に関しては，国際標準化機構 (**ISO**) によって，1979 年に国際規格 (**ISO 4037**) が制定され，その後 1983 年に改正された。**ISO** によって提示された低線量率シリーズ，狭スペクトラムシリーズ・広スペクトラムシリーズ及び高線量率シリーズと命名された 4 系列の線質をモデルに，上記の問題の検討を行った。

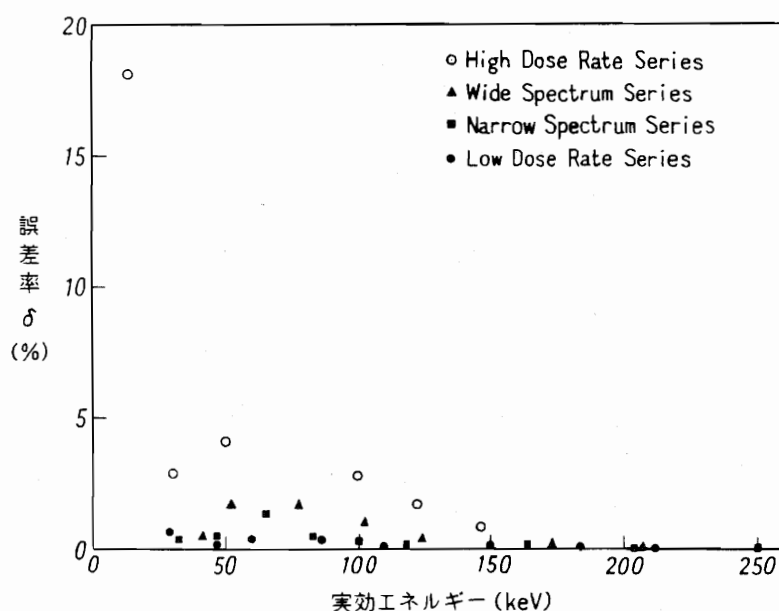
なお，この 4 系列の線質指標は，大略 0.9, 0.8, 0.7 及び 0.5 である。

X 線照射装置で得られる連続スペクトルのX線に対して，照射線量から 1 cm 線量当量への換算係数（等価換算係数；F_{eq}）を，次の式によって定義する。

$$F_{eq}=\int F(E)\cdot X(E)\cdot dE \,/ \int X(E)\cdot dE$$

ここで，$F(E)$ 及び $X(E)$ は，それぞれ，光子エネルギーE における換算係数及び照射線量率分布を表す。また，このX線の実効エネルギーを E_{eff}，対応する換算係数を $F(E_{eff})$ とすると，次の式によって定義されるδは，実効エネルギーの適用によって生じる系統誤差に対する誤差率を与える。

$$\delta \equiv 100\times\left|F_{eq}-F(E_{eff})\right|F_{eq}(\%)$$

ISO 規格によって提示された 4 系列の規格の管電圧，及び材質と厚さのフィルターを用いて得られるX線について，実効エネルギー並びに誤差率δの計算例を，**解説図 1** に示す。

解説図 1　ISO 規格 X 線の実効エネルギーと誤差率δ

この図に見られるとおり，線質指標が大きいシリーズでは誤差率が小さい。30 keV 以下のエネルギー領域においては，エネルギーの減少とともに誤差率が増加するが，これは連続スペクトルのX線に共通する一般的傾向である。30 keV 以上のエネルギー領域のX線に対する誤差率は，線質指標が 0.5 の場合に 4 %以内，0.7 で 2 %以内，0.8 以上では 1 %以内である。

この誤差は，現行のトレーサビリティ体系が根拠とする校正方法において，連続スペクトルのX線の線質を実効エネルギーで規定したことに起因するものである。したがって，現行のトレーサビリティ体系によって，X 線及びγ線用線量当量率サーベイメータの性能を規定する限り避けられない系統誤差である。しかし，一般のサーベイメータの感度校正には 0.7 以上の線質指標のX線が使用でき，この系統誤差が校正の精度に及ぼす影響が少ないので，実効エネルギーは十分に適用性があると結論された。

γ線照射装置で得られる離散スペクトルのX，γ線に対しては，光子エネルギーが E_i における照射線量から 1 cm 線量当量への換算係数を $F_x(E_i)$ とし，等価換算係数 F_{eq} を，次の式によって定義する。

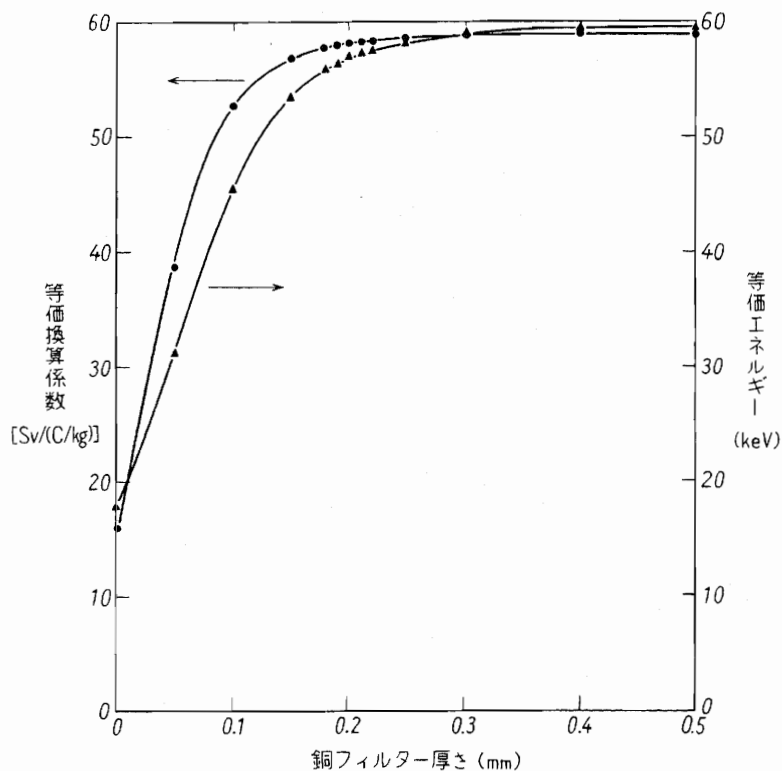
$$F_{eq}=\frac{\sum F_X(E_i)\cdot X(E_i)}{\sum X(E_i)}$$

ここに，Σ は RI 核種並びに娘核種が放出する X，γ 線についての総和を表す。また，$X(E_i)$ は光子エネルギーが E_i の X，γ 線による照射線量で，関与するフィルターなどによるフルエンスの減衰効果を加味して考えることとする。

なお，$F_{eq}=F_x(E_{eq})$ となるエネルギーの値；E_{eq} を，等価エネルギーと呼ぶことにする。また，この γ 線の平均エネルギーを E_{mean}，対する換算係数を $F(E_{mean})$ とし，平均エネルギーの適用によって生じる系統誤差に対する誤差率 δ を，次の式によって定義する。

$$\delta \equiv 100 \times \left| F_{eq} - F\left(E_{mean}\right) \right| F_{eq} (\%)$$

サーベイメータの校正に使用される密封 γ 線源のうち，^{137}Cs のような単一 γ 線放出核種の場合には，等価エネルギー及び平均エネルギーは γ 線の光子エネルギーに等しい。離散スペクトルの γ 線放出核種のうち，^{57}Co 並びに ^{60}Co については，エネルギーの近接した高エネルギー γ 線が高率で放出され，等価エネルギーと平均エネルギーとがほぼ等しくなる。^{241}Am, ^{133}Ba 及び ^{226}Ra については，等価エネルギーと平均エネルギーが異なり，フィルター条件に依存する。

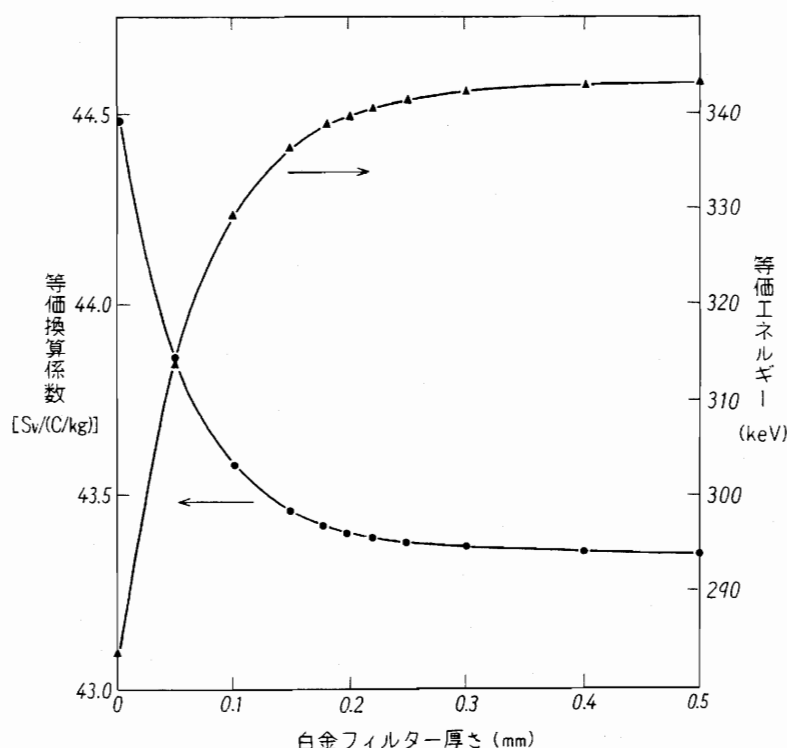
^{241}Am が放出する X，γ 線については，銅フィルターを使用した場合の等価エネルギー及び等価換算係数とフィルター厚さとの関係の例を，**解説図 2** に示す。

解説図 2　^{241}Am γ 線の等価換算係数及び等価エネルギーの銅フィルターによる変化

等価換算係数は，銅フィルターの厚さが 0.2 mm の前後で変化率に顕著な相違を示し，これは Np の X 線の寄与の違いによる。0.2 mm 以上では等価換算係数が大略同じ値になる。

平均エネルギーと等価エネルギーとの差違はフィルターの増加とともに急激に減少し，銅フィルターが 0 mm に対しては 108 %で，0.2 mm では 4 %である。誤差率 δ についても同様で，銅フィルターが 0 mm に対しては 186 %で，0.2 mm では 1 %である。

^{133}Baが放出するX，γ線については，白金フィルターによる等価エネルギー及び等価換算係数の変化の例を，**解説図3**に示す。平均エネルギーと等価エネルギーとの差違は，白金フィルターが0 mmに対しては6 %で，0.2 mmでは0.3 %である。誤差率δは，白金フィルターが0 mmに対しては1 %で，0.2 mmでは0.1 %以下である。

^{226}Raが放出するX，γ線の場合，平均エネルギーと等価エネルギーとの差違は，白金フィルターの厚さの増加とともに増加し，白金フィルターが0 mmに対しては13 %で，0.5 mmでは18 %である。誤差率δは，白金フィルターの厚さに対する依存性が小さく1 %強である。

γ線に関しては，RI核種とフィルターとの組合せによって，線質が特異的に変化する。したがって，1 cm線量当量率サーベイメータの校正に使用するγ線照射装置については，γ線源の核種ごとに，フィルターの材質及び厚さなどを設定し，線質を明確にする必要がある。

解説図 3　^{133}Ba γ線の等価換算係数及び等価エネルギーの白金フィルターによる変化

3.3　性能（本体の 4.）

3.3.1　相対基準誤差［本体の **4.1**］　従来規格では，指示誤差試験として，直線目盛，対数目盛及びディジタル方式に分けて許容範囲を規定していたが，改正に当たっては，**IEC**規格との整合を図り，基準線量率に対する許容範囲だけで規定した。対数目盛の規定としては，従来のデカードでの許容範囲を規定するべきではないか，との意見もあったが，対数目盛式のサーベイメータがほとんど国内で使用されていないこと，及び**IEC**規格との整合を重視すべきとの観点から，基準線量率に対する許容範囲だけの規定とした。また，許容範囲については，基準線量率の不確かさを加味して判定を行うこととした。従来の規格では，この基準線量率の不確かさについて，試験方法一般の項目の中で“指示誤差には基準線量率の誤差は含めないものとする。”という，あいまいな表現を**IEC**規格に合わせて，明確に表現したものである。

改正では，**IEC**規格との整合を図り，$\pm(15+U)$ %としており，基準線量率の不確かさ：Uが5 %の場合には，試験時の指示誤差が±20 %を満足していれば，規定を満たしていることとなる。

3.3.2　エネルギー特性 (1)　IEC 規格のエネルギー特性の規定は，本体に記載の ＥⅠ型だけであり，ＥⅡ～ＥⅤ型については **JIS** 特有の規定である。この理由は，**IEC 60846** では線量率範囲，オーバロード特性から見て NaI (Tl) シンチレータやGM計数管を用いた高感度形のサーベイメータを考慮していないように見うけられ，電離箱式に特化した規格となっているためである。

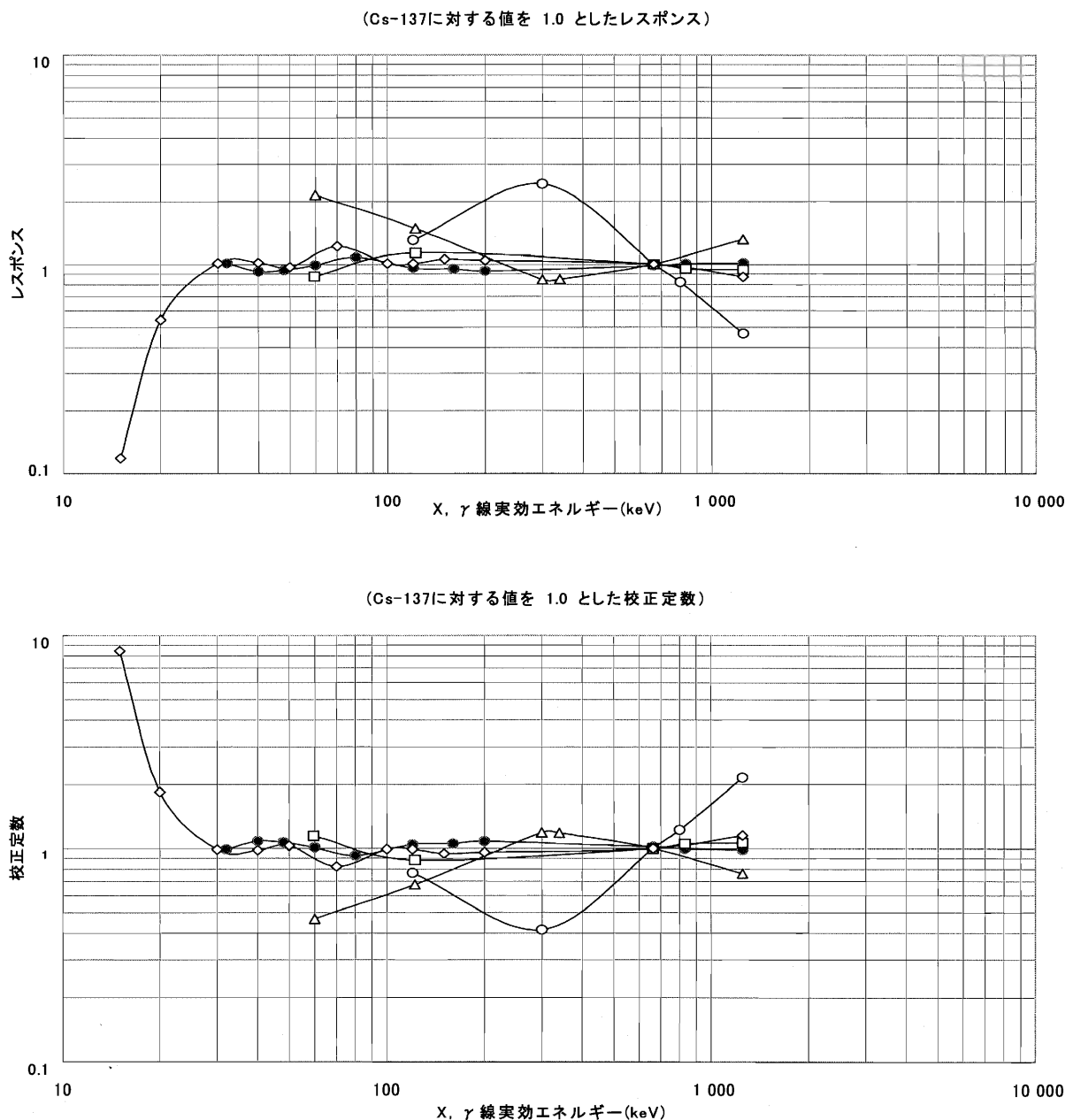
この規格では，レスポンスの比で表現するようにした。これは，実際の測定時に指示値から補正値を求めるためには校正定数が便利であるが，エネルギー特性（依存性）の性能を表現する上では，校正定数がレスポンスの逆数であるため，レスポンスの大小を直感的に知る上では非常に分かりにくい数値であるためである。特にレスポンスが 0 に近くなると非常に大きな数値になり，エネルギー依存性を表すには適していない。**解説図 4** に，レスポンス及び校正定数によるエネルギー特性の例を示す。

(Cs-137に対する値を 1.0 としたレスポンス)

レスポンス

10
1
0.1

10　100　1 000　10 000

X，γ 線実効エネルギー(keV)

解説図 4　サーベイメータのエネルギー特性の例

3.3.3　エネルギー特性 (2)　^{16}N のγ線による試験については，加速器建屋又は沸騰水型原子力発電所のタービン建屋などのように，1.5 MeV を超える高エネルギーのγ (X) 線が発生する放射線場があり，このような場所における線量当量率をより正確に評価するため，これに対応したエネルギーレスポンスの必要性が関係者から強く要望されてきた。この事情を踏まえて，財団法人放射線計測協会では，日本原子力研究所の協力を得て，試験研究用原子炉の 1 次冷却水配管から分岐したループから成る ^{16}N の高エネルギーγ線源 ([1]) を利用してレスポンス測定を暫定的に実施している。

まず，^{16}N から放出される高エネルギーのβ線 (10.44 MeV) 及び線源部の配管壁などから発生する高エネルギーの 2 次電子による影響をなくすため，^{16}N のγ線源部を厚さ 2 cm (2.36 g/cm^2) のメタクリル樹脂で覆い，線源から一定距離における基準線量当量率は一級の電離箱式照射線量計を用いて，次のようにして求めている。

照射線量計の電離箱検出器に ^{16}N のγ線に対する電子平衡厚 (3 g/cm^2) 以上のビルドアップキャップを付けて測定した値に，電離箱壁及びビルドアップキャップによるγ線の減弱の補正並びに標準状態への気温，気圧の補正を加え，これに校正定数及び 1 cm 線量当量率への換算係数を乗じて，一定の線源距離における基準線量当量率を決定している。次に，被校正用放射線測定器を同一位置に置き，その指示値を読み取り，この値と上記の基準線量当量率とからレスポンスを暫定的に算定している。ここで，暫定的とした理由は，^{16}N のγ線エネルギー6.13 MeV に対する校正定数については，国家標準とのトレーサビリティがないからである。したがって，本体の**表 1** に注記したように，^{16}N のγ線を用いたレスポンスの比は，規定値とせずに参考値とした。

なお，^{16}N の線源部を覆ったメタクリル樹脂（2 cm 厚）を取り除くことによって，^{16}N の高エネルギーβ線及び線源部配管壁で発生した 2 次電子が代表的な電離箱式サーベイメータ及び半導体式サーベイメータの指示値に及ぼす影響は，線源距離 1 m の条件で，それぞれ 30～40 %及び 5～20 %の指示値の増加となって現れることが実測されている。したがって，高エネルギーのγ (X) 線の測定に際しては，発生源の状況（高エネルギーβ線，2 次電子などの影響）について十分配慮する必要があろう。

注([1])　神之浦文三，南賢太郎：放射線測定器校正のための ^{16}N 高エネルギーγ線照射場の特性，保健物理，23 27-33 (1988)。

3.3.4　構造（本体の **5.**）　構造に関する規定のうち，改正では現行規格の構造一般に記載の項目から，感度試験用放射線源の項目を削除している。この理由は，近年，感度試験用放射線源が社会にはん（氾）濫することを避け，各製造業者がサーベイメータに線源を附属することを自粛していることに起因する。

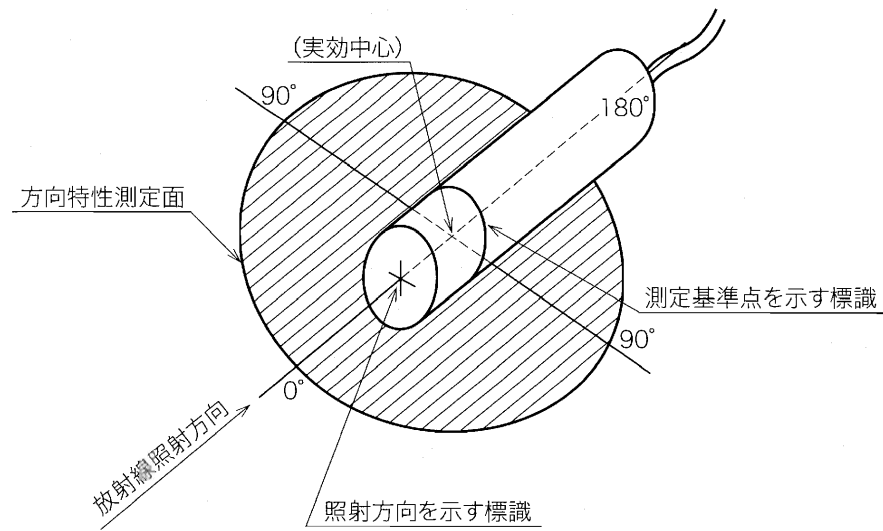
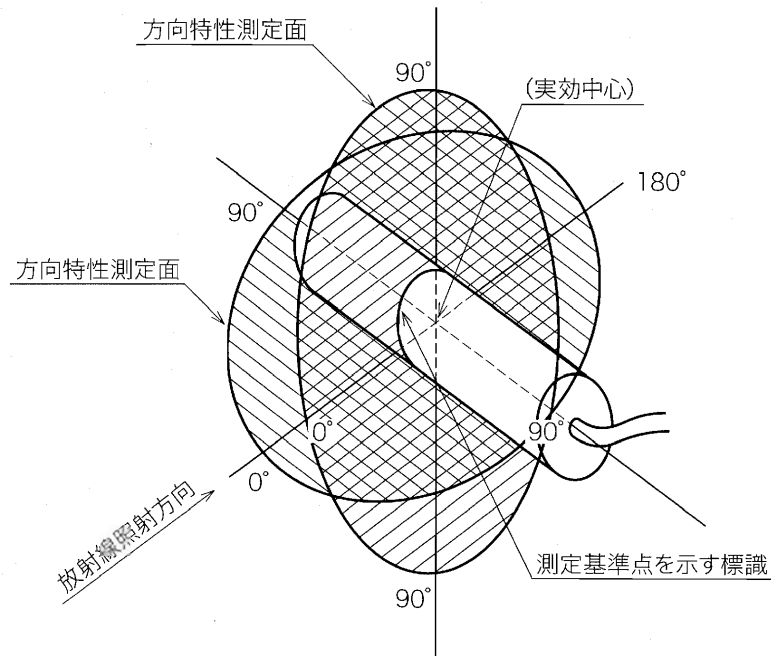
3.3.5　試験条件（本体の **6.1**）

①　共通試験条件は，本体の**表 3** に示すように，**IEC** 規格との整合を図り，より詳細な表現となった。

②　校正装置に関しては，表現上は従来規格と変わりがないが，この規格の原案作成と並行して **JIS Z 4511** が見直し改正中であり，この規格の **JIS Z 4511** に関する内容も当該規格の改正次第読み替えることとなる点に留意が必要である。

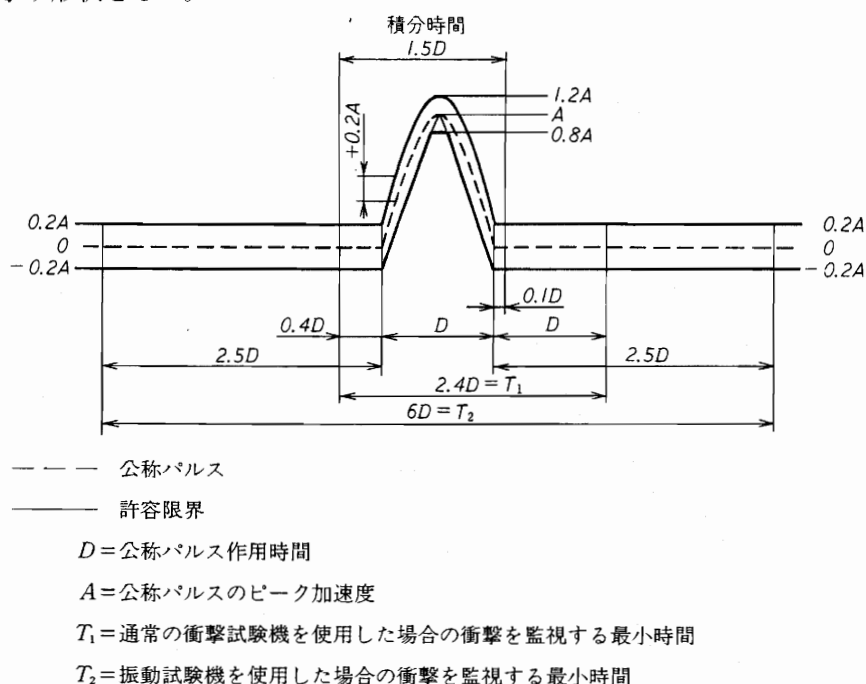
3.3.6　試験

①　**方向特性試験**（本体の **6.2.4**）　この試験において，方向特性の測定面は，検出器の形状と放射線照射方向によって異なる。その代表的な例を，**解説図 5** に示す。

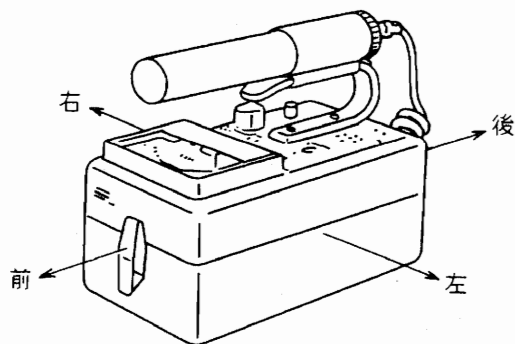
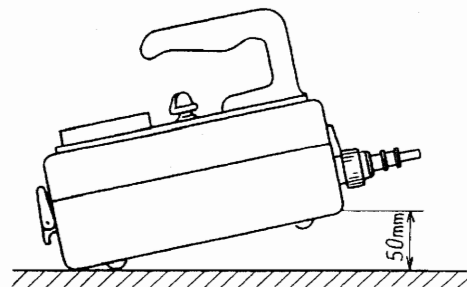
(a)　円筒形検出器で，照射方向が中心軸方向からの例

(b)　円筒形検出器で，照射方向が側面からの例

解説図 5　方向特性の測定面

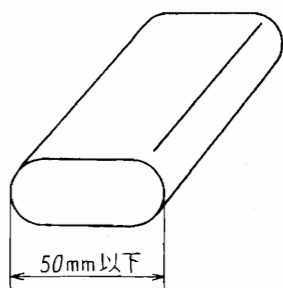
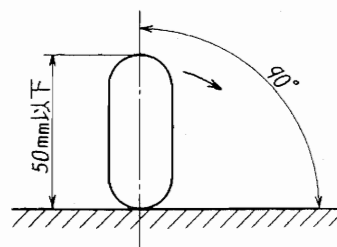
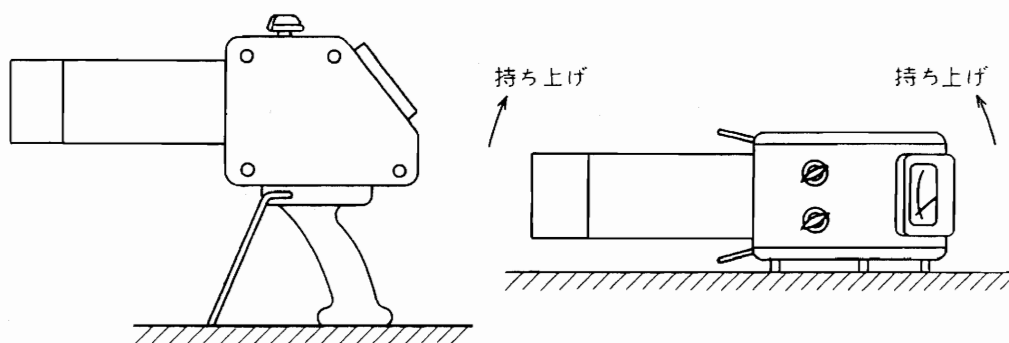
② **指示値変動試験**（本体の **6.2.5**）　統計的に独立とみなせる時間間隔として，応答時間の 1.5 倍程度としている。この規格では，応答時間として **IEC** 規格に合わせて 90 %応答時間を用いており，これは従来の **JIS** の表現である時定数の約 2 倍に相当する。したがって，時間間隔は，従来の規格の時定数で表現すると約 3 倍になる。**c)**のディジタル式の場合，数値の表現方法として全けた表示するもの又は有効けただけ表示するもの，また，レンジの選択方法として手動，自動，又は手動／自動両用のものがある。いずれにしても，放射線に対する感度が一番高い状態で指示値変動試験を行うこととした。

③ **耐衝撃性試験**（本体の **6.2.12**）　耐衝撃性試験は，**IEC** 規格に準拠したＳⅠ型又は，ＳⅡ型のいずれかを実施することとした。

ＳⅠ型は，サーベイメータの前後・左右・上下の 6 方向から各 3 回ずつ，パルス作用時間 18 ms，ピーク加速度 300 ms^{-2} の衝撃を加えるもので，約 50 cm の高さから土の地面への落下試験に相当する。衝撃パルスの波形は，**JIS C 60068-2-27**（環境試験方法－電気・電子－衝撃試験方法）に示されている正弦半波パルスで**解説図 6** に示す形状をもつ。

解説図 6　衝撃パルス波形（JIS C 60068-2-27 による）

IEC 規格では，ＳⅠ型だけの規定であるが，現在国内で使用されている光電子増倍管を用いたシンチレーション式サーベイメータや，GM 計数管式のサーベイメータでは，落下に相当する試験では衝撃に耐えることができないため，従来 **JIS** の方法も許容することとした。

この試験方法におけるサーベイメータの“前後，左右各辺”とは，**解説図 7** に示す方向を指す。例として，前後方向における“後”の試験については，**解説図 7** に示す方向にサーベイメータの一辺を持ち上げた後，自然落下させる。持ち上げる高さは，各辺とも共通に 50 mm とし，前後，左右の 4 辺について，各辺ごとに 5 回ずつ合計 20 回落下させる。

解説図 7　サーベイメータの“前後，左右”　　**解説図 8　サーベイメータの衝撃試験**

取外し可能な検出器プローブをもつサーベイメータについては，プローブを本体に装着した状態で落下試験を行う。このとき，**解説図 9 a)**に示すように，一辺の長さが，50 mm 未満のサーベイメータについては，最大角度を**解説図 9 b)**に示すように，90°まで持ち上げて行う。また，**解説図 10** に示すような，脚をもつサーベイメータにおいては，製造業者が指定する正規の状態に置いた後，各辺を持ち上げて試験を行う。本体のこの試験方法において“普通の保管状態にして置き”と記述したのは，この意味である。

解説図 9　特殊形状サーベイメータの衝撃試験

解説図 10　脚をもつサーベイメータの衝撃試験

4.　懸案事項

①　**IEC 60846** : 1989 は，現在，**IEC** 規格の技術委員会 TC45B で改定見直し作業中であり，委員会ドラフトの最終段階 (CDV) にある。この見直しの中で特徴的なことは，エネルギー特性と方向特性とを混成した場での指示値の変化を規定していることである。

これまでの規格では，エネルギー特性は軸方向からの照射，方向特性はCs-137だけで評価すればよかったが，改正案ではエネルギー80 keV～1.5 MeVで角度±45°での指示値の変化が±40 %を満足すること，と規定されている。

このような複合的な規定は，**IEC**規格の個人線量計においても議論されており，規格として刊行された場合には，**JIS**としても対応が必要となる。

② エネルギー特性について，国内の事情を考慮し，検出器別の規定を設けたが，今後の**IEC**規格の動向を考慮して検討が必要である。しかしながら**IEC**規格は，比較的線量率の高い電離箱式のサーベイメータに特化した規定となっているので，場合によっては，環境レベルまで測定可能な線量率サーベイをもつ国内事情を反映した規格を，国際規格の場に提唱する必要性がある。

5. 原案作成委員会の構成表　原案作成委員会の構成表を，次に示す。

JIS Z 4333 改正原案作成委員会 構成表

		氏名	所属
(委員長)		濱田 達二	社団法人日本アイソトープ協会
(オブザーバー)		穐山 貞治	経済産業省産業技術環境局
(委員)		石田 正美	文部科学省科学技術･学術政策局原子力安全課
		金澤 晃	経済産業省原子力安全保安院原子力保安管理課
		上田 博三	厚生労働省労働基準局安全衛生部労働衛生課
		山村 修蔵	財団法人日本規格協会
	○	高田 信久	独立行政法人産業技術総合研究所放射線標準研究室
	○	松本 健	財団法人日本品質保証機構計量計測センター
	○	丸山 隆司	独立行政法人放射線医学総合研究所
	○	加藤 朗	国立公衆衛生院
(分科会委員長)	○	村上 博幸	独立行政法人日本原子力開発機構東海研究開発センター原子力科学研究所放射線管理部
	○	辻村 憲雄	独立行政法人日本原子力開発機構東海研究開発センター核燃料サイクル工学研究所放射線管理部
	○	川瀬 弘二	東京電力株式会社原子力管理部
	○	西村 建	関西電力株式会社原子力事業本部
	○	村松 邦博	日本原子力発電株式会社発電管理室
	○	征矢 郁郎	三菱重工業株式会社原子力事業部
	○	佐々木 幸男	財団法人放射線計測協会
	○	中村 吉秀	社団法人日本アイソトープ協会
	○	佐藤 典仁	株式会社千代田テクノル原子力事業部
	○	山田 正	富士電エンジ株式会社放射線事業部
	○	加藤 徹	アロカ株式会社第二技術部
	○	柚木 彰	株式会社東芝電力システム社原子力計装

			システム部
	○	小　林　長　生	理研計器株式会社計測器部
	○	渡　井　勝　範	応用光研工業株式会社営業技術部
	○	岩　崎　和　人	株式会社応用技研技術部
	○	佐々木　　確	株式会社ネスコ
	○	渡　邉　道　彦	株式会社テクノルエンジニアリング
(オブザーバー)	○	平　野　泰　裕	株式会社千代田テクノル営業推進本部
(事務局)		久保野　隆　一	社団法人日本電気計測器工業会

備考　○印は，分科会委員を示す。

（文責　**JIS Z 4333** 改正原案作成委員会）

★内容についてのお問合せは，規格開発部標準課［FAX(03)3405-5541 TEL(03)5770-1571］へご連絡ください。
★JIS 規格票の正誤票が発行された場合は，次の要領でご案内いたします。
(1) 当協会発行の月刊誌“標準化ジャーナル”に，正・誤の内容を掲載いたします。
(2) 原則として毎月第 3 火曜日に，“日経産業新聞”及び“日刊工業新聞”の JIS 発行の広告欄で，正誤票が発行された JIS 規格番号及び規格の名称をお知らせいたします。

なお，当協会の JIS 予約者の方には，予約されている部門で正誤票が発行された場合，自動的にお送りいたします。

★JIS 規格票のご注文は，普及事業部カスタマーサービス課［TEL(03)3583-8002 FAX(03)3583-0462］又は下記の当協会各支部におきましてもご注文を承っておりますので，お申込みください。

JIS Z 4333
X 線及び γ 線用線量当量率サーベイメータ

平成 18 年 3 月 25 日　第 1 刷発行

編集兼発行人　島　弘　志

発 行 所

財団法人　日 本 規 格 協 会
〒107-8440　東京都港区赤坂 4 丁目 1-24
http://www.jsa.or.jp/

札 幌 支 部　〒060-0003　札幌市中央区北 3 条西 3 丁目 1　札幌大同生命ビル内
TEL (011)261-0045　FAX (011)221-4020
振替：02760-7-4351
東 北 支 部　〒980-0811　仙台市青葉区一番町 2 丁目 5-22　仙台ウエストビル内
TEL (022)227-8336(代表)　FAX (022)266-0905
振替：02200-4-8166
名古屋支部　〒460-0008　名古屋市中区栄 2 丁目 6-1　白川ビル別館内
TEL (052)221-8316(代表)　FAX (052)203-4806
振替：00800-2-23283
関 西 支 部　〒541-0053　大阪市中央区本町 3 丁目 4-10　本町野村ビル内
TEL (06)6261-8086(代表)　FAX (06)6261-9114
振替：00910-2-2636
広 島 支 部　〒730-0011　広島市中区基町 5-44　広島商工会議所ビル内
TEL (082)221-7023,7035,7036　FAX (082)223-7568
振替：01340-9-9479
四 国 支 部　〒760-0023　高松市寿町 2 丁目 2-10　JPR 高松ビル内
TEL (087)821-7851　FAX (087)821-3261
振替：01680-2-3359
福 岡 支 部　〒812-0025　福岡市博多区店屋町 1-31　ダヴィンチ博多内
TEL (092)282-9080　FAX (092)282-9118
振替：01790-5-21632

Printed in Japan　SG/B
2009-04-21 SW

JAPANESE INDUSTRIAL STANDARD

Portable photon ambient dose equivalent rate meters for use in radiation protection

JIS Z 4333 : 2006

(JEMIMA/JSA)

Revised 2006-03-25

Investigated by

Japanese Industrial Standards Committee

Published by

Japanese Standards Association

定価 2,100 円（本体 2,000 円）

ICS 17.240

Reference number：JIS Z 4333:2006(J)